

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

PAT-NO: JP410326406A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10326406 A

TITLE: MAGNETIC HEAD SLIDER AND ITS PRODUCTION

PUBN-DATE: December 8, 1998

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
 FUJII, KOJI  
 FUKUSHIMA, NOBUHITO  
 YAMAMOTO, IZUMI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME  
 CITIZEN WATCH CO LTD COUNTRY  
 N/A

APPL-NO: JP09301721

APPL-DATE: November 4, 1997

INT-CL (IPC): G11B008/60, G11B021/21

## ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To impart a high modulus of elasticity to a DLC(diamond-like carbon) film and to realize excellent durability and wear resistance by adding gaseous Ar to a gaseous hydrocarbon system which is a raw material, thereby accelerating the dissociation of the hydrocarbon in plasma at the time of depositing the DLC film.

**SOLUTION:** A magnetic head material essentially consisting of aluminum-titanium carbide is worked to a desired slider shape and thereafter, a DLC protective layer 3 is formed on a magnetic disk-facing surface 4, i.e., air bearing surface, via an intermediate layer by using a plasma CVD method. The DLC protective layer 3 is formed by maintaining the magnetic head slider 1 side at potential of -900 V and generating the plasma within the atmosphere formed to attain the partial pressures of the Ar and CH<sub>4</sub> of 0.03 Torr and 0.22 Torr, respectively, and the total pressure of 0.05 Torr in a vacuum vessel kept under &le;10 Torr. As a result, the DLC protective layer 3 having the extremely high modulus of elasticity and the high wear resistance may be formed on the magnetic disk-facing surface 4.

## 02 公開特許公報 (A)

Q1特許公報登録番号

特開平10-326406

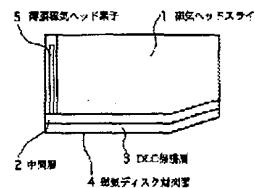
(C)公開日 平成10年(2000)12月8日

P: G11B 5/60  
 21/21 101K

審査請求 替り請求 替り請求の範囲 OL (全 8 頁)

101721	(T) 出願人 シチズン時計株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 (D) 著者 増田 伸司 社正清田伸太士下山子武野和義 シテズン時計株式会社技術研究所内 (P) 発明者 増田 伸司 東三郷研究所下山子武野和義 シテズン時計株式会社技術研究所内 (T) 登録者 山本 久 地三郷研究所下山子武野和義 シテズン時計株式会社技術研究所内
--------	---

## ×スライドおよびその実施方



Details Text Image HTML Full

HTML Full

NUM

Ready

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-326406

(43)公開日 平成10年(1998)12月8日

(51)Int.Cl.<sup>a</sup>  
G 11 B 5/60  
21/21

識別記号  
101

F I  
G 11 B 5/60  
21/21

C  
101K

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-301721

(22)出願日 平成9年(1997)11月4日

(31)優先権主張番号 特願平9-76865

(32)優先日 平9(1997)3月28日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

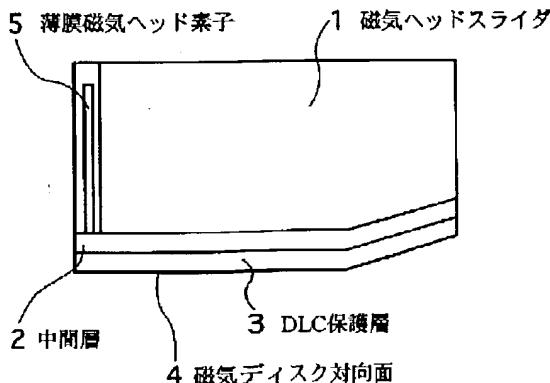
(71)出願人 000001960  
シチズン時計株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号  
(72)発明者 藤井 浩司  
埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ  
チズン時計株式会社技術研究所内  
(72)発明者 福島 信人  
埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ  
チズン時計株式会社技術研究所内  
(72)発明者 山本 泉  
埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ  
チズン時計株式会社技術研究所内

(54)【発明の名称】 磁気ヘッドスライダおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 耐久性、耐摩耗性に優れた磁気ヘッドスライダを提供する。

【解決手段】 磁気ヘッドスライダのディスク対向面に中間層を介して、DLC保護層を形成する。DLC保護層は炭化水素系ガスに加えてArを添加してプラズマCVD法で形成することで弹性率が高く、耐摩耗性に優れたDLC保護層を形成できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクと対向する面にダイアモンドライクカーボン膜が形成されている磁気ヘッドスライダであって、前記ダイアモンドライクカーボン膜中にArが含まれていることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項2】 前記Arはダイアモンドライクカーボン膜中に均一に取り込まれており、かつArの量が1原子パーセント以下であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項3】 ディスクと対向する面にダイアモンドライクカーボン膜が形成された磁気ヘッドスライダであって、前記ダイアモンドライクカーボン膜の弾性率が85 GPa以上の値を有することを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項4】 ディスクと対向する面にダイアモンドライクカーボン膜が形成された磁気ヘッドスライダであって、前記ダイアモンドライクカーボン膜の比摩耗量が0.5以下の値を有することを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項5】 ディスクと対向する面にダイアモンドライクカーボン膜が形成されている磁気ヘッドスライダであって、前記ダイアモンドライクカーボン膜は二層からなり、その上層が請求項1から4に記載のダイアモンドライクカーボン膜であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項6】 磁気ディスク装置に使用される磁気ヘッドスライダのディスク対向面にプラズマ化学的気相成長法によってダイアモンドライクカーボン膜を形成する方法であって、成膜時に炭化水素系ガスと同時にArガスを添加して成膜することを特徴とした磁気ヘッドスライダの製造方法。

【請求項7】 前記炭化水素系ガスがCH<sub>4</sub>であって、CH<sub>4</sub>/Arガスの混合圧力比が1もしくはそれ以下であって、またその総圧力が0.1 torr以下の条件でダイアモンドライクカーボン膜を成膜することを特徴とする磁気ヘッドスライダの製造方法。

【請求項8】 磁気ヘッドスライダを設置する基板に直接負の直流高電圧を印加する構成で前記ダイアモンドライクカーボン膜を形成したことを特徴とする請求項6、7に記載の磁気ヘッドスライダの製造方法。

【請求項9】 磁気ヘッドスライダを設置する基板の電位を-800V以上で前記ダイアモンドライクカーボン膜を形成したことを特徴とする請求項6、7、8に記載した磁気ヘッドスライダの製造方法。

【請求項10】 前記請求項6、7、8、9に記載した磁気ヘッドスライダの製造方法で形成したダイアモンドライクカーボン膜を形成したことを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク装置や磁気テープなどに用いる磁気ヘッドスライダ、特に高密度記録に適した低浮上量、もしくは接触型の薄膜磁気ヘッドスライダおよびその製造方法に関するものである。このため耐久性、耐摩耗性に優れた磁気ヘッドスライダを提供することを目的とする。

## 【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置に用いられる浮上型磁気ヘッドは、記録密度の増大とともに、その浮上量の極小化が求められ、最近では25 nm程度の浮上量をもつヘッドも提案されている。一方、携帯用情報処理端末の普及にともない電池駆動を前提としたドライブの省電力化が求められ、このためスピンドルモーターの頻繁な起動・停止が行なわれるようになってきた。これらの要求は、磁気ヘッドの側からみると、いずれもスライダーの摩擦・摩耗特性の改善が求められるものであり、そこに内在する問題点について以下に具体的な事例を述べる。

## 【0003】

20 第一に、ヘッドとディスクが近接することにより両者の接触確率が増加し、ヘッドの摩耗が無視できなくなることがあげられる。これはヘッドの機能的なダメージと同時に摩耗によって生じるダストの発生が課題となる。第二に、一般に低浮上型磁気ヘッドスライダは、浮上するまでの速度、すなわちテイク・オフ・ペロシティが大きく、スピンドルモーターの起動後、浮上するまでに必要とするディスクとの摺動距離が長くなり、摩耗しやすいことが知られている。第三に低浮上を実現するためには、ディスクに形成したテクスチャを小さくしなければならないが、これはスティクションと呼ばれるヘッドとディスクの張り付き現象につながる。一方、システムの省電力化のために、磁気ディスクドライブを頻繁に起動・停止させることは、磁気ヘッドスライダーと磁気ディスクがもっともダメージを受け、またスティクションが発生する恐れのある接触停止状態が増加することであり、連続運転を前提とした磁気ヘッドスライダーと比較して、数段上の耐摩擦・摩耗特性が求められている。この例としてコンタクト・スタート・ストップテストすなわちCSSテストにおいて、従来、5万回程度でよしとされていたものが、一桁上の50万回のCSSに耐え得るような磁気ヘッドスライダが必要とされてきた。

40 【0004】このような要求に応えるための技術として、DLC保護層、すなわちダイヤモンド・ライク・カーボン保護層の磁気ヘッドスライダのディスク対向面への形成がある。これはDLCの優れた潤滑性と硬度により、摩擦力の低減と起動・停止時の摩耗を低減しようというものである。また、DLC保護層の形成はスティクションの防止にも効果的であることが知られ、それはたとえば IDEMA主催の“Head Media Interface Symposium, 1994年9月

27日、米国サンノゼ市”の講演概要集135ページにも述べられている。

【0005】以下に従来のDLCを形成する方法について述べる。図.9に示すように高周波プラズマを用いて DLCを成膜した場合の従来の技術について述べる。高周波電源20にマッチングボックスを介して接続された基板電極21上に磁気ヘッドスライダ1を設置し、それに対向するように接地された対向電極22を設ける。原料となる炭化水素系のガス、例えばメタンガスやエチレンガスを導入し、両電極間でプラズマを発生させ、磁気ヘッド上に DLC膜を形成することができる。いわゆる Plasma CVD(プラズマ化学的気相成長法)法を用いた成膜である。

【0006】特開平4-182916号公報には炭化水素系ガスに加え、水素やその他の元素を添加して DLC膜を形成することが述べられているが、その場合の成膜条件や効果等については特に述べられていない。

【0007】またその中では膜中の水素含有量はCVD条件、例えば原料ガス圧、プラズマを発生させる際に投入する電力等を適切に制御すれば容易に行なうことができると記載されている。

【0008】そのほか特開平8-045045号公報には磁気ヘッドのディスク対向面に DLC膜を付着させることで、耐摩耗性を改善することが開示されている。ここでは電子サイクロトロン共鳴プラズマ化学気相堆積法( ECR-CVD )によりエチレンガス( $C_2H_4$ )から DLCを形成することが開示されている。

【0009】しかしながらこのような高硬度を有する DLC膜であっても、現行のHDDシステムにおいて従来の膜でのCSS耐久回数は概ね20万回が限界であった。さらにグライドハイ (ヘッドとディスクが接触を始める浮上量)と駆動時の実際の浮上量が非常に接近したようなヘッド-ディスクインターフェースを有するシステムあるいは接触記録を行うシステムにおいては厳しい耐摩耗性が要求され、DLCの膜質のより一層の改良が求められていた。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述したように急速に進みつつある磁気ヘッドの低浮上化と省電力化による頻繁な起動・停止の必要性を考慮すると、今後は少なくとも50万回のCSSに耐える必要があり、より優れた耐久性の確保が課題として上げられていた。そこで本発明のうち請求項1、2および3に記載の発明は、こうした課題を解決するために、低浮上特性と高信頼性を両立させた磁気ヘッドスライダを提供することを目的としたものである。請求項4から8の発明は請求項1、2もしくは3に記載の磁気ヘッドスライダを製造するための方法を提供するものである。ひいては本発明は高密度記録・低消費電力を実現する磁気ディスクドライブを提供するものである。

【0011】従って本発明の目的は、耐久性、耐摩耗性に優れた磁気ヘッドスライダを提供することであり、極低浮上型磁気ヘッドや接触型磁気ヘッドを有するシステムの信頼性、耐久性を向上する。また本発明のもう一つの目的は耐久性、耐摩耗性に優れたカーボン膜を被覆する際の成膜方法を提供することである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、DLCを成膜する際に原料となる炭化水素系ガスに加えて Arガスを添加する。Arはプラズマ中の炭化水素の解離を促進し、DLC膜の膜質を大幅に改善する。

【0013】従来 Arガスを加えてプラズマを発生させることは常套手段である。一般的に考えられるAr添加の効果は次のようである。Arイオンは解離しやすく、また不活性で他のガスとも反応しにくいためアシストガス、すなわちプラズマを安定させるためによく使用されるガスである。また負の電位を基板に印加するシステムでは解離した Ar<sup>+</sup>イオンは基板に衝突し、膜をスペッタリングする。これは一般的にイオンボンバード効果とよばれるものである。従って基板に成膜される膜のうち結合の弱いものがボンバードで弾き飛ばされ、強固な結合のみが残る。よって一般的には適正に Arを添加すると膜は固くなることが知られている。ところが我々はこれを負の高電圧を基板に印加する DCプラズマシステムに適用し、Arガス圧力および基板印加電圧をある範囲にしづらすことによって、膜に新たな特性を与えることを見出した。すなわち DLC膜にかつてない高い弾性率を与えることが出来た。以下に詳細な実施例を述べる。

#### 【0014】

【発明の実施形態】ディスクと対向する面にダイアモンドライクカーボン膜が形成された磁気ヘッドスライダであって、前記ダイアモンドライクカーボン膜中にArが含まれていることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。ならびに、磁気ヘッドスライダのディスク対向面にプラズマ化学気相成長法によってダイアモンドライクカーボン膜を製造する製造方法であって、成膜時に炭化水素系ガスと同時に Arガスを添加して成膜することを特徴とする磁気ヘッドスライダの製造方法である。

【0015】(実施例1) 本発明の磁気ヘッドスライダの構成を図.1を用いて説明する。本発明の磁気ヘッドスライダ1はアルミナ炭化チタンを主成分とする磁気ヘッド材料を所望のスライダ形状に加工した後、その磁気ディスク対向面4すなわちエアベアリング面(以下 A BS面と記す)には中間層2を介して DLC保護層3が形成されている。またスライダ短手方向片側側面に磁気信号を読み書きするための薄膜磁気ヘッド素子5を備えている。

【0016】続いて本発明による磁気ヘッドスライダの製造方法の実施例を図2により説明する。アルミナ炭化チタンを主成分とする磁気ヘッドスライダ基材11

は、ここでは住友特殊金属（株）製AC-2を用いており、複数の薄膜磁気ヘッド素子がアレイ状に形成され、ポールハイト加工や洗浄等が既に終了しているものであり、これはローと呼ばれるものである（図2-(a)）。この磁気ヘッドスライダ基材を、スパッタ装置内の基板電極上に設置し、ディスク対向面4をArプラズマによりクリーニングを行ったのち、Arガス3m torr、高周波電力400WでのSiをターゲットにしたスパッタリングにより、シリコンからなる中間層2を2nmの厚さで形成した（図2-(b)）。

【0017】この後、プラズマCVD法を用いてDLC保護層3を8nmの厚さで形成した（図2-(c)）。なおシリコン中間層2やDLC保護層3の厚さについてはここで示した値に限るものではなく、耐久性の観点からはより厚いものが望ましいが、磁気ヘッドとディスクとのスペーシング損失を抑える点からはなるべく薄いことが要求され、両者の兼ね合いから本実施例の値が決定されている。成膜方法に関する詳細は後述する。

【0018】つぎにディスク対向面4を所望のABS形状に機械研削ないしフォトリソグラフィを用いたドライエッチング法などにより形成し（図2-(d)）、最後に個々の磁気ヘッドスライダに切断することにより（図示せず）、図1のような磁気ヘッドスライダーが完成する。ここで、シリコン中間層2とDLC保護層3の形成工程は、ポールハイト加工後であればどの工程にあってもよく、たとえば個々の磁気ヘッドスライダに切断された後でもよい。

【0019】（実施例2）つぎに本発明の磁気ヘッドスライダのDLC保護層3の形成方法について詳細に説明する。図3は前記保護層を成膜するための装置の概略図である。真空槽10内部には直流電源6に接続された基板電極21と、前記基板電極と対向する位置に対向電極22が置かれ、接地されている。磁気ヘッドスライダ1をそのエアベアリング面が下面になるように基板電極に設置した後、真空槽内を10<sup>-7</sup>torr以下に排気する。その後ArとCH<sub>4</sub>を分圧でそれぞれ0.03torr、0.02torr、全圧で0.05torrになるように導入し、基板を-900Vの電位にして、両電極間にプラズマを発生させDLC膜を形成した。この時の成膜速度は約1Å/secであった。

【0020】（実施例3）このような条件で形成した膜について往復摺動テストにより耐摩耗性を評価した。

図1のような1mm角程度といったサイズのスライダでは評価が難しいため、40mm程度の長さを有するローの状態で行った。ポールハイト加工とよばれる研磨工程と洗浄が終了しているロー上に前記記載の条件でDLCを成膜した。膜上を摺動させるボスト材料は1.5mmのサファイアの半球であり、押付け荷重100gf、往復回数500回、試料の移動速度100mm/m<sup>in</sup>、往復距離5mmである。摺動時に発生した摩耗

粉等を洗浄で除去した後、試験部について原子間力顕微鏡を用いて表面形状を測定し、摩耗領域の平均断面積を求めた。図4には成膜時の条件、すなわち基板印加電位とCH<sub>4</sub>に対するArの希釈率を変えて成膜したサンプルについて摩耗試験を実施し、CH<sub>4</sub>0.1torr、基板電位-700Vの条件で成膜した膜の摩耗領域の平均断面積を1としたとき、各条件で成膜したサンプルの被摩耗量とAr希釈率の関係を示している。ここで総ガス圧は0.1torrである。

10 【0021】各電圧においてArを添加することで耐摩耗性が向上することが認められた。またその効果は-800V以上の絶対値で高電位の条件では顕著であり、優れた耐摩耗性を示した。またAr希釈率66%、基板電位-900Vで成膜したDLC膜は比摩耗量が0.07と極めて小さく、優れた耐摩耗性を示した。

【0022】前記のAr添加の条件でDLC膜を形成した磁気ヘッドについてCSSテストを行った。使用したディスクはA1合金板の上に、NiP層、Cr層、磁性層、スパッタカーボンおよび有機物の潤滑剤30Åが形成されたものである。図5にその結果を示す。比較として従来の炭化水素系ガスのみでDC法で形成したDLC膜でのCSS特性データも添付するが、このサンプルはCSS約18万回で急激に摩擦係数μが増加し、その時点では磁気ヘッドスライダのABS面の一部に小さなギズが発生し、マイクロオージェ分析によりDLC膜がなくなっていることが確認された。これに対し本発明の磁気ヘッドスライダーはCSS50万回後もμは1以下であり、優れたCSS特性を示した。またこの時点での部分においてもDLC膜は残っていることが確認された。

20 【0023】（実施例4）次に本発明の磁気ヘッドスライダに形成するDLC膜の硬度と弾性率について評価した。測定したサンプルはSiウェハー上に約5000Åの厚さでDLC膜を形成したものであり、評価にはハイジotron社製トライボスコープを用いた。これはダイアモンドの三角錐圧子を試料に静電気力を用いてサブミリニュートンオーダーの超微小荷重で押し込み、その時の変位量（押し込み深さ）をリアルタイムで測定できるシステムである。そのため1ミクロン以下の薄膜の硬度や40 弾性率等の薄膜の材料係数等を求めるのに有効な測定器である。ただし従来の様な規格化されたビックアース硬度等への換算は困難であり、新たな尺度で薄膜の機械的特性を与えるものである。

【0024】比摩耗量と同様に従来のDLC膜の一例としてCH<sub>4</sub>0.1torr、基板電位-700V（条件A）、および本発明のスライダに用いるDLC膜の一例として、Ar分圧0.03torr、CH<sub>4</sub>分圧0.02torr、全圧0.05torr、基板電位-900V（条件B）の両サンプルについてダイアモンドの三角錐圧子を用いたインデンテーションテストを行い、その

50

測定データを図. 6に示す。条件AのDLC膜では徐々に負荷をかけていき、 $100\mu N$ の押し込み荷重時において、約 $0.034\mu m$ の押し込み深さであり、最大押し込み深さ ( $h_{max}$ ) とその時の印加荷重  $F_{max}$ より次式(1)を用いて膜の硬度を算出することができる。

$$H = F_{max}/23.897 (h_{max})^2 \dots\dots\dots (1)$$

(1)式で分子は力、分母は投影断面積であり、後者は\*

$$E_r = (S/2) \times [\pi/23.897 (h_{max})^2]^{0.5} \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $E_r$  は弾性率 (Reduced Modulus) であり、  $S$  はスティフネスである。これにより計算される条件A、BでのDLC膜の硬度、弾性率を表1に示す。また同時に

走査型電子顕微鏡 (SEM) で求めたDLC膜の膜厚と※

表1 DLC膜の機械的特性

	硬度(GPa)	弾性率(GPa)	膜密度(g/cm <sup>3</sup> )
条件A	9.2	7.6	1.80
条件B	10.1	8.9	2.07

表1の様に良好な耐摩耗性を示した本発明の一実施例である条件BのDLC膜は従来のDLC膜と比較して硬度は若干高いことはもちろんあるが、弾性率が極めて高く、また膜密度も大きくなっている。これが膜の耐久性に大きく関連しているものと考えられる。

【0027】従って本発明の磁気ヘッドスライダに用いられるDLC保護層は高い耐摩耗性、耐久性を示し、それは膜の硬度よりはむしろ、弾性率および膜密度が非常に大きいことに起因していることを発明者らは明らかにした。

【0028】ここで弾性率と比摩耗量の相関について示す。比摩耗量は実施例3に記述したものと同様な評価方法で行っている。図. 7に示すように弾性率が8.5 GPa以上の値を有する本発明の磁気ヘッドスライダに形成するDLC膜は概ね比摩耗量が0.5以下の値となり、良好な耐摩耗特性を示すことも確かめられた。

【0029】この耐摩耗性に優れたDLC膜は炭素および約30 at %以下の水素からなり、膜中に均一にAr原子を含有していることがわかっており、その量は約1 at %以下の微量である。これは摩耗特性に関与しているものとは考えらず、製造上やむをえず混入してしまうものである。本発明の磁気ヘッドスライダに用いるDLC膜の優れた耐摩耗性は炭素原子同士のネットワークの組みかた、結合状態に関係しているものと考えられる。この膜の構造はFT-I Rや微小ラマン等で調査を行うことができるがそのデータの解釈には、さまざまな見解があり、この耐摩耗性の差が膜の構造として何に起因しているのかは、今のところわかっていない。また膜密度はDLC膜中の炭素同士の平均原子間距離と相関があるものと考えられ、この原子間距離がより小さいと思われ★50

\*ここで用いた対頂角115°の圧子の先端形状から有限要素法を用いて算出された式である。

【0025】また図. 6の除荷曲線における最大押し込み深さからの傾き(接線)はスティフネス(Stiffness)とよばれ、この値を用いて次式より弾性率を算出できる。

※ラザフォード後方散乱法(RBS)から算出したDLC膜の膜密度も表1に記載する。

#### 【0026】

★る条件BのDLC膜はより変形に対する抗力が大きく、そのため弾性率、すなわちある変位量を与るために必要な力が大きくなっているものと考えられる。

【0030】また比摩耗量が0.5以下の値を示せばCSSテストにおいて約50万回のCSSテストに耐えうること、すなわち摩擦係数  $\mu$  が1以下の値で推移することが確認された。

【0031】そしてそのような比摩耗量0.5以下のDLC膜を作成するための成膜時の条件としてはCH<sub>4</sub>/Arの混合比が1より小さく、また基板電位は-800V以上であることが望ましい。

【0032】またCH<sub>4</sub>とArを加えた総圧力は高くても、成膜は可能であるが、圧力の上昇とともに成膜速度が増加する。通常磁気ヘッドスライダに形成するDLC保護層の厚さは100 Å以下であり、従って膜厚の管理を考えた場合多くても2~3 Å/m in以下には成膜速度を抑えることが望ましい。そのためには総圧力が0.1 torr以下での成膜条件を選択することが望ましい。

【0033】さらに従来例で述べたような高周波放電プラズマを発生するシステム(図. 9)において前記のAr添加の条件を適用してDLCを成膜し、同様に摩耗、硬度、弾性度を評価したが、同様な効果を得ることはできず、膜質の改善は観察されなかった。その時の直流分のセルフバイアス(Vdc)は-250Vであり、電位差をこれ以上とるのは困難であった。一般的にRFプラズマで基板バイアスを誘起するシステムにおいては-300V以上の負の高電位をセルフバイアスのみで発生することは困難であり、したがって本発明はDC法に適用するのが望ましいものと思われる。ただし前記DC法に

はプラズマの発生は直流に限らず、高周波、誘導結合、マイクロ波、ECRなどにより行い、それとは別に基板に直流電源でバイアス電位を印加する方式にも本発明が適用可能であることは当業者は容易に理解できるであろう。

【0034】(実施例5) 次に条件A、Bで成膜したDLC膜を磁気ヘッド保護膜として成膜したトライパッドを有するコンタクトヘッドに適用し、このヘッドについてシーカ摩耗テストを行った。ヘッドを支持するサスペンションの荷重は0.5gfである。平均浮上量0.05μmは磁気ディスクのグライドハイドにほぼ近い値であり、かなりの頻度で接触しながらシーカを行ったものと思われる。10<sup>6</sup>回のシーカ後、試験後X線マイクロアナライザーのマッピング機能を用いてエッチングを行なながらパッド部を測定した。これにより試験後のパッド部の傷や摩耗状況、DLC膜の残膜厚を推定できる。条件Aで成膜したヘッドにおいては完全に母材まで摩耗が進行している個所が発生していることがわかった。また条件Bで成膜したヘッドにおいては母材まで進行した摩耗は見られなかったものの一部に中間層であるSiが露出している個所が確認された。このように耐摩耗性に優れた条件Bにおいても摩耗条件によっては耐摩耗性が不十分である事がわかった。

【0035】我々はこの個所を詳細に解析した結果、剥離が中間層であるSiと DLC膜間の密着不良から生じていることを解明し、この対策として図8に示すような2層構造のDLC膜を作製した。本実施例の磁気ヘッドスライダ1のディスク対向面4にはSiからなる中間層2、第一のDLC層30の上面に本発明におけるDLC膜である第二のDLC膜31が形成してある。本ヘッドについて上記と同様なシーカ摩耗テストを行った。この保護膜の構成はSi 2nmの上に比較的密着性が良好である成膜条件(CH<sub>4</sub> 0.1 torr、基板電位-900V-条件C)で第一のDLC膜を2nm成膜した後、良好な耐摩耗性を有する条件Bで第二のDLC膜を6nm形成した。このヘッドについて前記と同様のシーカ摩耗試験を行ったところほとんど摩耗が見られず極めて良好な耐摩耗性を示すことが確認された。これはこの2層のDLC膜が優れた密着性と高い弾性率を有する所以であると考えられる。

【0036】また本実施例における第一のDLC層と第二のDLC層の膜厚は、前者は1nm以上、後者は4nm以上あれば耐摩耗性向上の効果が認められた

### 【0037】

【発明の効果】本発明によれば、プラズマ中の炭化水素ガスにArを添加することでプラズマ中の解離を促進し、従来ない弾性率が極めて高く、耐摩耗性の高いDLC膜をABS面にコートすることで耐久性、耐摩耗性に優れた磁気ヘッドスライダが提供できる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気ヘッドスライダの構成を示す断面図である。

【図2】本発明の磁気ヘッドスライダの製造方法を示す断面図である。

【図3】本発明の磁気ヘッドスライダを製造するための成膜装置の概略図である。

【図4】実施例で行った摩耗テスト結果を示すグラフである。

【図5】実施例で行ったCSSテストの結果を示すグラフである。

【図6】実施例で行ったインデンテーションテストにおけるDLC膜の負荷除荷時の変形を示すグラフである。

【図7】本発明の磁気ヘッドスライダに使用するDLC膜の弾性率と耐摩耗性(比摩耗量)の関係を示している。

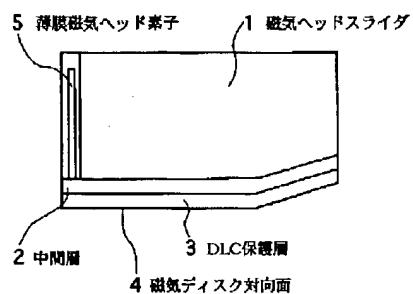
【図8】本発明の磁気ヘッドスライダの別の構成を示す断面図である。

【図9】従来の磁気ヘッドスライダを製造するための成膜装置の一例を示す概略図である。

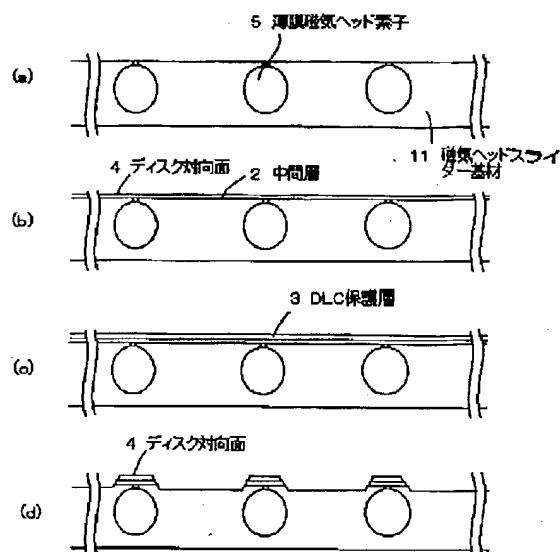
### 【符号の説明】

- 1 磁気ヘッドスライダ
- 2 中間層
- 3 DLC保護層
- 5 薄膜磁気ヘッド素子
- 6 直流電源
- 11 磁気ヘッドスライダ基材
- 21 基板電極
- 22 対向電極
- 30 第一のDLC保護層
- 31 第二のDLC保護層

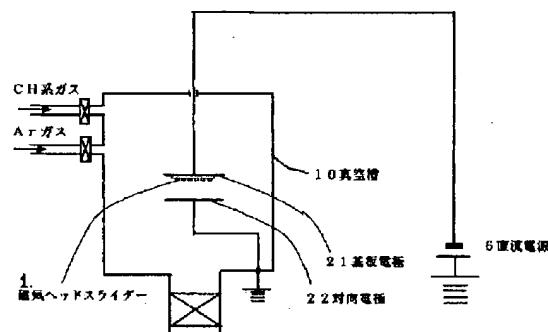
【図1】



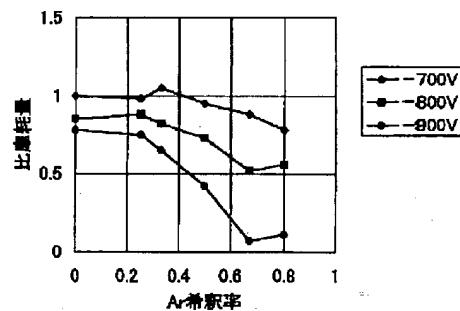
【図2】



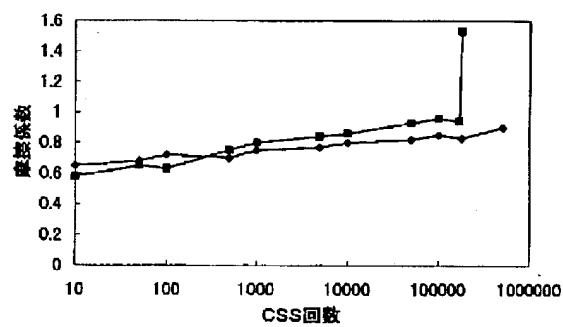
【図3】



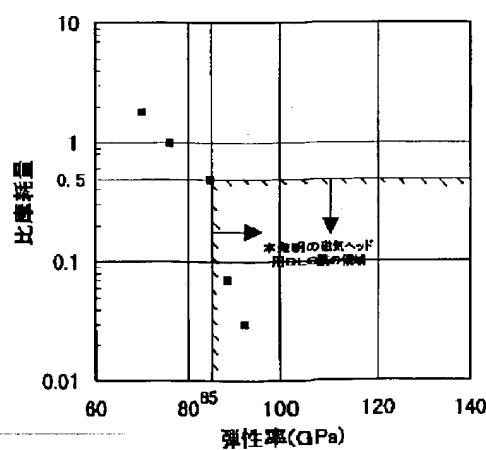
【図4】



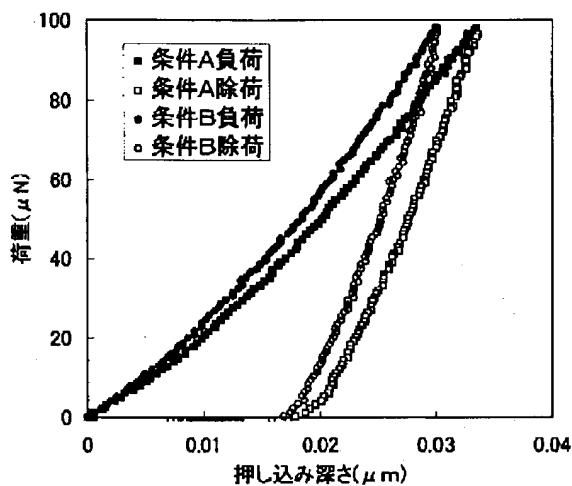
【図5】



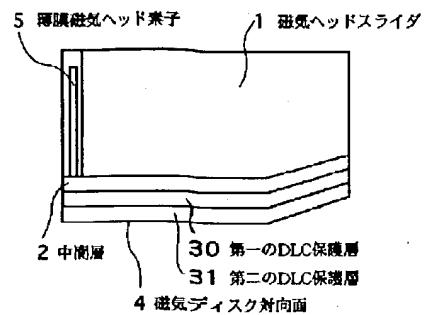
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

